

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt

DIE VERTEILUNG DES TRINKWASSERS IN BERLIN (WEST)
UND UNTERSUCHUNGEN ÜBER DESSEN FLUORGEHALT

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Norbert Nolle

aus Frankfurt/Oder

1968

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med., Dr.med.dent. Ewald H a r n d t

Die Verteilung des Trinkwassers in Berlin (West)
und Untersuchungen über dessen Fluorgehalt

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Norbert Nolle

aus Frankfurt/Oder

Dekan: Professor Dr. med. Hans Wolfgang S p i e r
Referent: Professor Dr. med.dent. Karl E i c h n e r
Korreferent: Professor Dr. med. dent. Christian S c h u l z e



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 9.7.68

Inhaltsverzeichnis
=====

	<u>Seite</u>
A. Einleitung	1
B. Hauptteil	3
I. Literaturübersicht	3
a) Das Spurenelement Fluor	3
b) Fluoridierung	10
II. Eigene Untersuchungen	19
1. Die Trinkwasserverteilung in West-Berlin	19
2. Quantitative Fluoridbestimmung im West-Berliner Trinkwasser	24
a) Methodik	24
b) Vorversuche	29
c) Hauptversuch	33
d) Auswertung und Ergebnisse	34
C. Diskussion	39
D. Zusammenfassung	45
E. Schrifttum	47

THEORY OF THE EARTH

1. The Earth is a sphere.
2. The Earth is composed of different layers.
3. The layers of the Earth are the crust, the mantle, and the core.
4. The crust is the outermost layer.
5. The mantle is the layer below the crust.
6. The core is the innermost layer.
7. The crust is divided into the continental crust and the oceanic crust.
8. The continental crust is thicker than the oceanic crust.
9. The oceanic crust is denser than the continental crust.
10. The mantle is divided into the upper mantle and the lower mantle.
11. The upper mantle is divided into the asthenosphere and the lithosphere.
12. The asthenosphere is the layer below the lithosphere.
13. The lithosphere is the rigid upper part of the mantle.
14. The core is divided into the outer core and the inner core.
15. The outer core is the layer below the mantle.
16. The inner core is the innermost part of the Earth.
17. The outer core is liquid.
18. The inner core is solid.
19. The Earth's magnetic field is generated by the outer core.
20. The Earth's rotation causes the magnetic field.

A. Einleitung

=====

Der Ursachenkomplex der Zahnkaries ist noch weitgehend ungeklärt. Eine Reihe von Kariestheorien (M i l l e r , G o t t l i e b , S c h a t z u.a.m.) konnten eine Lösung der Probleme in der Kariesätiologie nicht liefern. Als sichere Fakten für die Entstehung der Karies können heute gelten:

- a) Kein Kariesgeschehen ohne Mikroorganismen in der Mundhöhle,
- b) kein Kariesgeschehen ohne Kohlenhydrate,
- c) kein Kariesgeschehen ohne Kontakt der Nahrung mit den Zähnen.

Da die Zahnkaries zu einem sozial-hygienischen Problem ersten Ranges geworden ist, versucht man sie in vielen Ländern der Erde prophylaktisch zu bekämpfen. Man stützt sich dabei auf die Beobachtung, daß die Mineralisation der Zahnhartsubstanzen einen wichtigen Faktor bezüglich der Kariesresistenz oder Kariesanfälligkeit jedes Menschen darstellt.

Seit den Arbeiten von D e a n und Mitarbeitern (1938) ist bekannt, obwohl bereits 1874 E r h a r d t und 1907 D e n i n g e r werdenden Müttern und Kindern Kalziumfluorid zur Bildung widerstandsfähigerer Zähne zu geben empfahl, daß die Mineralisation der Zähne durch das Element Fluor zu beeinflussen ist. Es soll die Eigenschaft besitzen, mit dem Hydroxylapatit des Zahnes eine Verbindung einzugehen, die gegenüber organischen Säuren erheblich schwerer löslich ist, als der Hydroxylapatit ohne Fluor. Man glaubt, neben anderen Theorien

über die Wirkungsweise des Fluors, hiermit den Wirkungsmechanismus dieses Elementes erklärt zu haben, da sich auch tatsächlich ein kariesreduzierender Effekt einstellt.

Diese Erkenntnis hat man sich in verschiedenen Ländern der Erde zunutze gemacht und das Fluor hauptsächlich im Trinkwasser angereichert. Wird diese Anreicherung jedoch in zu hoher Dosierung während der Mineralisation der Zähne vorgenommen, so führt das zur Dentalfluorose. Darunter sind durch ständige Fluor-Überdosierung hervorgerufene Schmelzhypoplasien unterschiedlichen Ausmaßes zu verstehen. Als die Ursache dieser Hypoplasien, das Fluor, nicht bekannt war, wurde diese Erscheinung u.a.m. als "gefleckter Schmelz" oder im angelsächsischen Sprachgebrauch als "mottled enamel" bezeichnet. Das klinische Bild ist je nach dem Ausmaß von kleinen, zarten, weißen über größere sich bräunlich bis schwarz verfärbende, vereinzelt oder über den ganzen Zahn verstreute Flecken gekennzeichnet. Die schwerste Form der Dentalfluorose führt zur Deformierung des Zahnes mit zerstörtem, abbröckelndem und schwarzgefärbtem Schmelz.

Daher bedarf es, um eine derartige Trinkwasserbeeinflussung vornehmen zu können, der genauen Kenntnis des im Trinkwasser des betreffenden Gebietes vorhandenen Fluorgehaltes und der Verteilung des Trinkwassers durch die städtischen Wasseraufbereitungsanlagen.

Aufgabe dieser Arbeit soll es sein, den Fluorgehalt des Berliner Trinkwassers quantitativ zu bestimmen und einige andere Grundlagen für die Möglichkeit einer allgemeinen Trinkwasserfluoridierung in West-Berlin zu erörtern.

B. Hauptteil

=====

I. Literaturübersicht

a) Das Spurenelement Fluor

Das Element Fluor, chemisches Symbol F, gehört zu der Gruppe der Halogene. Es ist gasförmig und gegenüber Wasserstoff 1-wertig.

Nach neueren Untersuchungen von W a s s e r s t e i n 1941 (30) und B a r t h 1947 (4) liegt der Fluordurchschnittsgehalt der Erdkruste bei 0,08 %. Danach ist das Fluor dreimal häufiger als Chlor und müßte in der Häufigkeitsreihe der die Erdrinde aufbauenden Elemente an 13. Stelle stehen.

Fluor kommt nicht frei vor, sondern nur gebunden an andere Elemente. Die wichtigsten Vorkommen sind Flußspat, Fluorapatit, Kryolith, Topas, Turmalin, Hornblende und Glimmer. Je nach der Häufigkeit der fluorhaltigen Mineralien im Gestein weisen die Böden einen stark schwankenden Fluorgehalt auf. Bedeutende Mengen liegen vor allem im Tiefengestein vor.

Da Wasser die meisten Salze löst, sind die chemischen Eigenschaften der natürlichen Wässer durch die Umgebung, also die geologischen Formationen, mit denen es in Berührung kam, bedingt.

N ö m m i k (21) konnte zeigen, daß der F-Gehalt des was-

sers mit zunehmender Bodentiefe, aus der die Quelle stammt, ansteigt. (Tabelle 1)

Tiefe des Brunnens (m)	mittlerer F-Gehalt	
Oberflächenwasser	0,169	$\pm 0,017$
0 - 2	0,275	$\pm 0,022$
3 - 5	0,361	$\pm 0,010$
6 - 10	0,477	$\pm 0,019$
11 - 20	0,516	$\pm 0,039$
21 - 30	0,884	$\pm 0,061$
31 - 40	0,830	$\pm 0,073$
41 - 50	1,022	$\pm 0,090$
51	0,949	$\pm 0,073$

Tabelle 1: F-Gehalt des Wassers (mg/l) in Abhängigkeit zur Tiefe (m) der Quelle
(nach N ö m m i k)

Fluor in der Luft ist besonders in der Nähe von Industrien (Kryolithfabriken) und in den gasförmigen Ausstrahlungen von Vulkanen zu finden (24). Die weite Verbreitung des Fluors im Gestein führt zur Allgegenwärtigkeit im Acker und den sonstigen Böden, damit aber auch zum Vorhandensein in Wasser und Luft, sowie in Tieren und Pflanzen, oft natürlich nur in kleinen und kleinsten Mengen.

Vor drei Jahrzehnten gehörte das Fluor noch zu den biologisch bedeutungslosen Begleitelementen. Heute ist es eines der am meisten diskutierten Spurenelemente, nachdem man 1931 entdeckte, daß der fortgesetzte Genuß stark fluorhaltigen Wassers nicht nur zu gesprenkelten Zähnen, der Dentalfluorose, führt,

sondern auch eine deutliche Wechselbeziehung zwischen dem Fluorgehalt des Trinkwassers und dem Kariesbefall der Zähne besteht. Vor allem Dean und Mitarbeiter (7,8,9,10,11) gelang es, diese Abhängigkeit in Großuntersuchungen, die zwischen 1940 und 1941 durchgeführt worden sind, eindeutig nachzuweisen. Die statistische Auswertung dieser Ergebnisse ist in Abb. 1 dargestellt.

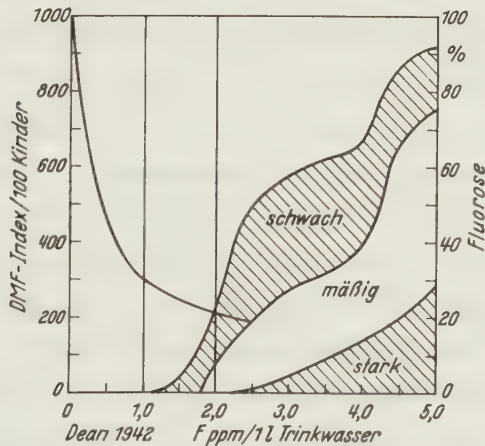


Abb. 1: Kariesreduktion und Auftreten von Dentalfluorose in Abhängigkeit vom Fluorgehalt des Trinkwassers (von Tammoscheit (29) zusammengestellt nach Dean 1942)

Dieser graphischen Darstellung ist zu entnehmen, daß die Fluorwirkung zur Kariesprophylaxe ausgenutzt werden kann. Der günstigste kariesprophylaktische Effekt ist bei einem

Fluorgehalt von 1 mg (= 1 ppm) pro Liter Trinkwasser zu erwarten, ohne ein gleichzeitiges Auftreten der Dentalfluorose befürchten zu müssen.

Eine Erhöhung der Fluordosis über 1 mg/l würde zwar die Kariesprophylaxe weiter steigern, man müßte aber eine Dentalfluorose unterschiedlichen Ausmaßes in Kauf nehmen. Verringert sich die Fluorkonzentration unter 1 mg/l, steigt der DMF-Index, der als zahlenmäßiger Ausdruck für den Kariesbefall von Personen oder Personengruppen dient (D = decayed (kariös), M = missing (fehlend), F = filled (gefüllt)); Milchzähne: d, m, f).

Die ersten Untersuchungen Deans fanden inzwischen in einer großen Zahl von Kontrollversuchen und Tierexperimenten ihre Bestätigung, so daß die kariesprotektive Wirkung des Fluors als erwiesen angesehen werden kann. Aus dieser Tatsache wird häufig die falsche Schlußfolgerung gezogen, die Zahnkaries sei eine Fluormangelkrankheit. Adler (1) betont, daß gefleckter Schmelz eine Hyperfluorose ist, Karies aber keine Hypofluorose. Die Zahnkaries ist ein "morbus externus" (19), dessen ursächliche Faktoren in der Ernährung liegen.

Eine optimale Kariesprophylaxe wird erreicht, wenn dem Organismus während der Mineralisationsphase der Milch- und bleibenden Zähne 1 - 7 (etwa vom 3. intrauterinen Monat bis zum 12. Lebensjahr) täglich ausreichend Fluor zugeführt wird. Wie wichtig die Fluorzufuhr für die Zahnhärtung vor allem nach der Geburt ist, ergibt sich aus den Milchzahnstudien von Harndt (15), in denen er nachweisen konnte, daß der

prae-natal gebildete Schmelz gegenüber der Karies widerstandsfähiger ist als der postnatale.

Der Stoffwechsel und die Auswirkung auf den Gesamtorganismus sind nicht restlos geklärt. S c h m i d t (27) gibt an, daß das durchschnittliche Fluorangebot durch die Nahrung mit etwa 0,25 - 0,40 mg täglich angenommen werden kann. Besonders fluorreich sind Fisch und Tee.

Fluoride der Nahrung und des Wassers werden im allgemeinen im Magen-Darm-Trakt gut resorbiert. Da Fluor stets chemisch gebunden ist, hängt die Resorption vom Löslichkeitsgrad der Verbindung ab. Fluor durchschreitet die Plazenta und erscheint in der Muttermilch (27).

Die Ausscheidung des Fluors geschieht fast ausschließlich durch die Nieren. Nur geringe Mengen sind im Fäzes zu finden. Weiter ist eine Ausscheidung über die Haut, den Speichel und die Haare vorhanden (27). Bei anhaltender, niedriger Zufuhr (ca. 1 mg/l), werden zunächst - bis zum Erreichen eines Gleichgewichtes - etwa 50 % der resorbierten Fluormenge im Skelett gespeichert. Bei Kindern tritt nach einigen Jahren, bei Erwachsenen nach einigen Wochen, eine ausgeglichene Fluor-bilanz ein, d.h. die Skelettspeicherung hat das Höchstmaß erreicht, und die Ausscheidung im Urin entspricht nunmehr der Aufnahme. Weitere Untersuchungen haben ergeben, daß dennoch ein ständiger Umsatz im Skelett stattfindet. Etwa 30 % des aufgenommenen Fluors wird laufend eingelagert und dafür eine äquivalente Menge mobilisiert und ausgeschieden (28). - Die Blutserumkonzentration beträgt konstant 0,1 - 0,2 mg/l.

Trinkwasserkonzentrationen bis zu 3 mg/l führen noch nicht zu einer Erhöhung des Blutspiegels. Größere Fluoridgaben haben nur kurzzeitig eine Steigerung zur Folge. Die Aufrechterhaltung dieser Homöostase erfolgt durch Skelettspeicherung und Nierenausscheidung. Man nimmt an, daß es bei einem Trinkwasserfluorgehalt bis zu 8 mg/l zu einer ausgeglichenen Fluorbilanz kommt (28).

Untersuchungen über Fluorspeicherungen ergaben, daß zunächst die Hartgewebe betroffen werden. Die Speicherung findet an erster Stelle im Zahnschmelz, -dentin und dann im Knochen, aber auch in den Nägeln und Haaren statt. Erst wenn diese abgesättigt sind, erfolgt eine Speicherung in den Weichgeweben. Erste Anzeichen einer Kumulation machen sich bei ca. 1,5 mg F/Tag (Dentalfluorose) bemerkbar. Erst die langanhaltende Aufnahme von ca. 8 mg F/Tag und mehr führt zur Kumulation in den anderen Geweben (27).

Fluorschädigungen lassen sich nach R o h o l m (24) einteilen in Ätزشäden durch Flußsäure, die als Flüssigkeit auf die Haut oder als Gas in die Atemwege gelangt, und in interne Schäden durch Fluorsalze, die als Staub oder in Lösung durch den Magendarmkanal in die Blutbahn gelangen. Da Fluor zu den kalziumfällenden Stoffen gehört, weist die akute Fluorvergiftung (letale Dosis 5-15 g) große Ähnlichkeit mit der akuten Oxalsäurevergiftung auf. F ruft, in großen Dosen verabreicht, "eine negative Ca-Bilanz hervor, was sich aus den Vergiftungssymptomen ergibt (mehr oder weniger manifeste Tetanie, Malisterese der Knochen)". Die chronische Vergiftung unterteilt R o h o l m in 1. degenerative Zahnveränderun-

gen (Dentalfluorose), 2. ein diffuses, osteomalacisches Knochenleiden und 3. eine diffuse Osteosklerose, bei der sekundär eine Anämie auftreten kann. Die Osteosklerose ist von einer bedeutenden Mineralablagerung begleitet ("positive Ca-Bilanz"). "Die toxische Dosis von 15-25 mg Fluor täglich ist über eine lange Zeit notwendig, um die Störung des Mineralstoffwechsels hervorzurufen." (24)

Bei der Analyse der anorganischen Bestandteile bleibender menschlicher Zähne ergeben sich nach R a u e n (23) für den Schmelz durchschnittlich etwa 100 mg und für das Dentin 233 mg Fluor pro Gramm Trockensubstanz. Die Werte schwanken aber in Abhängigkeit vom Fluorgehalt des Trinkwassers (23). Auch ist die Verteilung des Fluors im Zahn nicht gleichmäßig (Abb. 2).

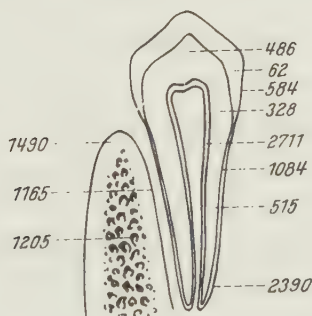


Abb. 2: Fluorgehalt (ppm) in den Zahnhartsubstanzen und im Alveolarknochen aus Gebieten mit TWF nach Untersuchungen von C h i n H y u n Y o o n (aus 29)

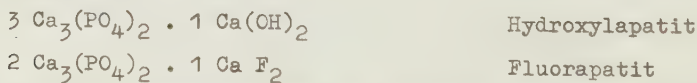
"Der F-Gehalt des Schmelzes ist cervico approximal in der

Peripherie fast zehnmal so hoch wie in seinem Zentrum. Dieses Forschungsergebnis gibt eine Erklärung auf die klinische Feststellung, daß in Gebieten mit TWF die approximale Karies weniger häufig auftritt als in 'fluorfreien' Gebieten. Auch im Dentin, und dort besonders im Sekundärdentin, sind beachtliche Differenzen des F-Gehaltes zu erkennen. Weiterhin hat im Apexbereich das zellhaltige Zement die doppelte F-Konzentration wie das zellfreie Zement im oberen Wurzel-drittel." (29)

Der karieshemmende Wirkungsmechanismus des Fluors ist noch nicht geklärt. Die bislang zur Deutung aufgestellten Hypothesen basieren im wesentlichen auf folgenden Vorstellungen:

1. Einwirkung von Fluor auf Zahnhartsubstanzen,
2. Einwirkung von Fluor auf die Mikroflora der Mundhöhle,
3. Einwirkung von Fluor auf enzymatische Vorgänge.

Diese Vorstellungen schließen einander ebensowenig aus wie die ihnen zugrunde liegenden Karieshypothesen und -theorien. Allgemein durchgesetzt hat sich die vermutlich auch richtige Theorie, daß das F-Ion bei der Mineralisation der Zähne einen Teil der OH-Ionen des Hydroxylapatits ersetzt, so daß es zur Bildung eines Fluorapatits kommt, der gegenüber Säuren schwerer löslich ist und damit den Zahn resistenter gegen Karies werden läßt.



Der kariesprotektive Effekt ist abhängig vom Zeitpunkt der Zuführung. "Wird das optimal fluorhaltige Trinkwasser erst

nach dem Zahndurchbruch zugeführt, entsteht eine geringere Kariesreduktion, vorwiegend an den Glattflächen. Approximalflächen werden nur geschützt, wenn die optimale Fluorzufuhr mindestens zwei Jahre vor dem Zahndurchbruch einsetzt. Fissurenkaries wird nur wenig beeinflusst", meint S c h ü l e (im 14).

b) Fluoridierung

Unter Fluoridierung ist die Anwendung von Fluorverbindungen zur Kariesprophylaxe zu verstehen. Fluor kann lokal appliziert werden oder wird während der Mineralisationsphase der Zähne dem Organismus zugeführt, um im Schmelz und Dentin eingebaut zu werden.

Die lokale Applikation von Fluoriden wird als "Zahnschutzhärtung" (topical application of fluorides) bezeichnet. Ihre Anwendung beruht auf der Entdeckung B i b b y s , daß der Zahnschmelz durch äußerliche Behandlung mit fluorhaltigen Lösungen widerstandsfähiger gegen Karies wird. Die Bezeichnung "Härtung" ist irreführend, da der Schmelz nicht gehärtet, sondern nur gegenüber Säuren schwerer löslich wird.

Die Zahnschutzhärtung kann erreicht werden mit fluorhaltigen Zahnpasten, Mundwässern und Kaugummi. S c h m i d t (27) hebt hervor, daß die Beurteilung der Wirkung dieser fluorhaltigen Substanzen mit Zurückhaltung zu geschehen hat, da das Problem erst teilgelöst ist. Besser ist die ursprüngliche Methode des wiederholten Touchierens der Zähne mit fluorhaltigen Lösungen nach vorheriger, gründlicher Reinigung. Anwendung fanden früher anorganische Fluorverbindungen (vornehmlich Natrium- und Zinnfluorid). M ü h l e m a n n (20) konnte fest-

stellen, daß organische Fluorverbindungen (Aminfluoride) den anorganischen überlegen sind.

Die oben genannten drei Methoden (Zahnpasten, Kaugummis, Mundwässer) sind in der Dosierung und der Anwendung durch den Einzelnen praktisch unkontrollierbar, so daß sie nicht angezeigt sind, wenn sie in Form einer Massenprophylaxe zur Anwendung kommen sollen. Dagegen liegt der Nachteil des Touchierens (erzielte Kariesreduktion 20-24 %) lediglich im zu großen personellen und zeitlichen Aufwand.

Die peroralen Fluorgaben haben zum Ziel, dem kindlichen Organismus während der Mineralisationsphase der Zähne durch tägliche Fluorgaben ein physiologisch-optimales Fluorangebot zu garantieren, das über den Verdauungstrakt zur Resorption gelangt. Die Zahnhartsubstanzen sollen präeruptiv durch Einbau von Fluor-Ionen gehärtet werden. Angestrebt wird eine passive, kollektive Prophylaxe. Verschiedene Methoden kommen zur Anwendung:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Trinkwasserfluoridierung (TWF) |) als kollektive, passive |
| 2. Kochsalzfluoridierung |) Prophylaxe |
| 3. Milchfluoridierung |) |
| 4. Fluortabletten |) als individuelle, aktive
Prophylaxe |

Nachdem in den USA im Jahre 1945 mit der TWF begonnen worden war, wurden Anfang 1966 bereits 46 % der Bevölkerung erfaßt, d.h. es erhielten etwa 60 Millionen Amerikaner Trinkwasser mit kontrolliertem F-Gehalt. Weitere 10 Millionen wohnen in Gebieten mit entsprechendem natürlichem F-Gehalt des TW. - Die Gesamtzahl der Ortschaften, die die TWF eingeführt haben, hat in den USA die Zahl 8.000 überschritten und steigt schnell an (34). In Europa war bis 1966 in einzelnen Städten folgender Länder die TWF eingeführt: Belgien, Bulgarien, England,

Niederlande, Norwegen, Rumänien, Rußland, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei und Ungarn. In Deutschland wurde 1952 in Kassel-Wahlershausen und 1959 in Karl-Marx-Stadt (Chemnitz) die TWF eingeführt (27). In Mitteldeutschland ist nach den positiven Ergebnissen in Chemnitz für den Zeitraum von 1967-1970 geplant, zehn weitere Städte in das Fluoridierungsprogramm aufzunehmen. Nach 1970 sind weitere Städte für das Programm vorgesehen (18).

In der Bundesrepublik und Berlin (West) ist die allgemeine Einführung der TWF bisher nicht möglich. Das Trinkwasser untersteht dem Lebensmittelgesetz (§ 5a Abs.1 Nr.1, 2 und 3, Abs.2 und 3 des Lebensmittelgesetzes vom 17. Januar 1936 (Reichsgesetzbl.I, S.17), zuletzt geändert durch das Gesetz zur Änderung und Ergänzung des Lebensmittelgesetzes vom 21. Dezember 1958 (Bundesgesetzbl.I, S.950), das in einer Trinkwasser-Aufbereitungs-Verordnung (BGBl.I, S.762, Verordnung über den Zusatz fremder Stoffe bei der Aufbereitung von Trinkwasser vom 19. Dezember 1959, zuletzt geändert durch BGBl.I, S. 479 vom 27.6.1960) in § 1 alle zugelassenen Zusätze bei der Aufbereitung von Trinkwasser aufführt (es befindet sich keine Fluorverbindung darunter) und in § 4 das Strafmaß bei vorsätzlicher oder fahrlässiger Zuwiderhandlung festsetzt. Das bedeutet, daß für die Fluoranreicherung im TW erst gesetzliche Zusatzbestimmungen geschaffen werden müssen. Der Bundesgesundheitsrat (36) hat jetzt aber der Bundesregierung empfohlen, Sondergenehmigungen für Versuche mit örtlichen Fluoridierungsanlagen auf Grund der bestehenden Rechtslage zu geben. Auch die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und

Kieferheilkunde befürwortet die Kariesprophylaxe mit Fluoriden (37) und fordert gleichzeitig die allgemeine Presse zur sachlich korrekten Information auf. Das Bundesministerium für Gesundheitswesen erklärte, daß die TWF ein der Vorbeugung gegen Karies dienendes Mittel sei, daß die Bundesregierung eine allgemeine TWF jedoch als "nicht durchführbar und vertretbar" ansehe. Die Bundesregierung ist aber bereit, weiteren Anträgen auf Ausnahmegenehmigungen (siehe TWF in Kassel-Wahlershausen) stattzugeben. (35)

Die TWF setzt eine größere, zentrale Wasserversorgungsanlage voraus, um sicher und ökonomisch arbeiten zu können. Vor Einführung dieser Methode bedarf es hinsichtlich der anzuwendenden Dosierung eines umfangreichen Studiums der örtlichen Verhältnisse. Die zum TW zuzusetzende F-Dosis ist abhängig von:

- a) dem natürlichen Fluorgehalt des Wassers (er unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen),
- b) den klimatischen Verhältnissen (Temperatur und Luftfeuchtigkeit bestimmen die Flüssigkeitsaufnahme),
- c) den Ernährungsgewohnheiten,
- d) dem Fluorgehalt der Lebensmittel, die erhebliche Schwankungen zeigen können und
- e) der täglichen Gesamtflüssigkeitsaufnahme des Menschen (Trink- und Kochwasser), die mit 1 1/2 bis 2 l Wasser pro Tag angenommen wird (27). Ausgedehnte Untersuchungen hierüber liegen nicht vor (27).

Es ist deshalb notwendig, die künstliche Fluordosierung den natürlichen Umweltfaktoren und den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung des betreffenden Gebietes möglichst anzupassen, um

eine kontinuierliche Fluoraufnahme von 1 mg pro Tag zu garantieren.

Die sich nach Berücksichtigung dieser Faktoren ergebende Differenz, bezogen auf die absolute F-Menge von 1 mg/Tag, ist diejenige Fluormenge, die dem Trinkwasser zugegeben werden sollte, um ein physiologisch-optimales F-Angebot von 1 mg/Tag und Person zu gewährleisten. Eine zu hohe Dosierung hätte eine Fluorose zur Folge, während eine zu geringe Dosierung die Kariesprophylaxe beeinträchtigen würde (siehe Abb. 1). Die erzielte Kariesreduktion bei 1 mgF/l wird mit 30 % bis 60 % angegeben.

Das fluordefizitäre Wasser wird mit Fluorsalzen angereichert. Geeignete Chemikalien sind: Kalziumfluorid, Natriumfluorid, Flußsäure, Ammoniumsilikofluorid und Magnesiumfluorid (27). Die Dosierung wird mit automatisch arbeitenden Fluor-Verteilungsapparaten (sog. Feeder) vorgenommen. Man unterscheidet Trockenspender, die die Chemikalien pulverförmig (volumen- oder gewichtsmäßig) dosieren und Naßspender, die bestimmte Quanten von Lösungen abgeben (12).

Die TWF hat den Vorteil, mit geringen Mitteln einer großen Bevölkerungszahl ohne eigene Initiative (passiv) eine Kariesprophylaxe zukommen zu lassen. Das größte Problem dieser Methode liegt in der Abhängigkeit von einer zentralen Wasserversorgung, so daß dünn besiedelte Gebiete (Landbevölkerung z.B.) nicht erfaßt werden können.

Zweifellos ist das TW nicht der einzige Weg, auf dem das Fluor dem Menschen regelmäßig zuzuführen ist. Man hat gerade in Eu-

ropa nach anderen Wegen der Fluorzufuhr gesucht. Als solche kommen hauptsächlich Kochsalz, Milch, Brot und Tabletten in Frage. Allen diesen Methoden haften aber schwerwiegende Nachteile an:

Bei Milch und Brot (26, 33) ist die exakte Zugabe von F und sein Nachweis in der organischen Substanz schwierig und sehr aufwendig. Brot wird von Säuglingen und Kleinstkindern, auf die es gerade ankommt, nicht oder nur wenig gegessen.

Beigabe von Fluor zum Kochsalz ist demgegenüber eine bewährtere Methode. Dieser Weg wird z.B. in der Schweiz beschritten (W e s p i (31)), wo man Kochsalz mit Jodzusatz schon seit Jahrzehnten kaufen kann. Jedoch wird die Säuglingsnahrung so gut wie nicht mit Kochsalz gewürzt. Auch kann eine gleichmäßige, optimale Menge auf diese Weise dem Organismus kaum zugeführt werden. Das fluoridierte Kochsalz ist in der Schweiz mit der Aufschrift "Fluor-Vollsalz" (neuerdings "Kochsalz, fluor- und jodhaltig") im Handel. Im Kilogramm sind 10 mg Kaliumjodid und 200 mg Natriumfluorid enthalten. Die damit erzielte durchschnittliche Kariesreduktion wird mit 30 % angegeben (27).

Mit Hilfe der Fluortabletten kann auch die Bevölkerung erfaßt werden, die an keine zentrale Wasserversorgungsanlage angeschlossen ist. Für diesen Teil der Bevölkerung sind die Fluortabletten ein ausgezeichnete Ersatz für die TWF. Die Kariesreduktion wird mit 30 % angegeben (27). Der Nachteil der Tabletten besteht vor allem darin, daß es praktisch unmöglich ist, die Mehrzahl der Mütter zu veranlassen, ihren Kindern Tag für Tag regelmäßig Tabletten einzugeben. Diese Methode ist

in einigen Städten und Ländern des Bundesgebietes in Kindergärten und Schulen eingeführt.

Es gilt heute als erwiesen, daß durch die Fluorprophylaxe mit 1 mg/l eine Kariesreduktion und keine Dentalfluorose zu erzielen ist. Es sei jedoch auf die Untersuchungen von H o f f m a n n - A x t h e l m und W o h i n z (17) über das Auftreten von Dentalfluorose in dem am Ostrande des sächsischen Erzgebirges gelegenen Berggießhübel hingewiesen. Es waren die ersten und bisher einzigen Beobachtungen über das Auftreten von Dentalfluorose in Deutschland. Die Ergebnisse der zahnärztlichen Untersuchungen wurden in Zusammenhang mit dem Fluorgehalt des örtlichen Trinkwassers gebracht. Das Trinkwasser weist je nach dem Quellgebiet (die Stadt wird von fünf Quellgebieten versorgt, die folgende Bezeichnungen tragen: Obere Zone 2,2 mgF/l, Untere Zone 1,0 mgF/l, Zwieseler Waldquelle 0,0 mgF/l, Gersdorfer Zone 1,25 mgF/l und Zwieseler Erbstollen 1,2 mgF/l) einen Fluorgehalt von Spuren bis zu 2,2 mg auf. Hier ist entsprechend den internationalen Erfahrungen im Gebiet der Oberen Zone (2,2 mgF/l Wasser) mit einem starken Auftreten der Dentalfluorose zu rechnen, nicht aber in der sogenannten Unteren Zone (1 mgF/l) und der Gersdorfer Zone (1,25 mgF/l). Deshalb ist das Auftreten der Dentalfluorose in der Unteren Zone nicht verständlich, zumal der Befall an Dentalfluorose höher sein soll als in der Oberen Zone; denn gerade der Gehalt von 1 mgF/l wird in der Kariesprophylaxe für die gemäßigte Zone als der physiologisch günstigste Wert angesehen. Hierzu meint H o f f m a n n - A x t h e l m (17): "Diese sich widersprechenden Tatsache. las-

sen die Vermutung auftauchen, daß außer dem Fluorgehalt des TW auch noch andere Faktoren eine Rolle spielen können."

Vom Fluor ist erwiesen, daß es durch andere Elemente ersetzt werden kann, die ebenfalls, vielleicht sogar stärkere karieshemmende Eigenschaften enthalten. Diese Feststellungen gehen zurück auf die Untersuchungen von R y g h (25), dem bei tierexperimentellen Arbeiten aufgefallen war, daß bei Abwesenheit von Strontium und Vanadin die Versuchstiere kariöse Zähne bekamen.

Für R y g h , der kein Zahnarzt war, war das nur ein Nebenfund anlässlich seiner Untersuchungen über verschiedene Spurenelemente. G e y e r (13) hat diese Untersuchungen aufgegriffen. Er machte mit Vanadinverbindungen Versuche am syrischen Hamster und konnte die Beobachtungen R y g h s bestätigen. Inzwischen hat sich die Anzahl der als karieshemmend erkannten Elemente wesentlich vermehrt. Es werden dazugezählt Vanadin (13, 25, 32), Niob, Tantal, Chrom (32) und Molybdän (2, 3, 32).

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen von H o f f m a n n - A x t h e l m und W o h i n z (17) und der Erkenntnis, daß nicht nur dem Fluor ein kariesprotektiver Effekt inneohnt, sollte die Warnung H a r n d t 's (16) nicht überhört werden: "Trotz der allgemeinen Begeisterung, die der Fluorprophylaxe der Caries besonders von amerikanischer Seite entgegengebracht wird, muß vor einer Überbewertung gewarnt werden... Die Rolle anderer in den Zahnhartgeweben in Spuren vorkommender Metalle (Chrom, Nickel, Lithium, Kobalt, Zinn, Zink

usw.) ist nicht geklärt, und es wäre denkbar, daß noch andere Elemente die Rolle des Fluors übernehmen können oder wie das Magnesium zu ihm in antagonistischer Beziehung stehen."

Als Spurenelemente bleibender menschlicher Zähne gibt

R a u e n (23) Gold, Silber, Wismut, Brom, Kobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Fluor, Magnesium, Blei, Rubidium, Antimon, Selen, Strontium, Vanadium, Wolfram, Zink, Aluminium, Arsen, Bor, Barium, Quecksilber, Lithium, Nickel, Silizium, Zinn und Titan an.

B e r s i n (6) kommt zu folgender Zusammenstellung: Cer, Lanthan, Praseodym, Neodym, Silber, Strontium, Barium, Chrom, Magnesium, Titan, Nickel, Vanadium, Aluminium, Bor, Kupfer, Lithium, Selen und Arsen.

II. Eigene Untersuchungen

1. Die Wasserverteilung in West-Berlin

Acht Wasserwerke versorgen West-Berlin mit Trinkwasser. Es ist damit zu rechnen, daß jedes Wasserwerk (WW) chemisch unterschiedliches Wasser liefert. Um daher eine Aussage über die Abgrenzung der Versorgungsgebiete eines einzelnen WW und damit die Aufgliederung der Wasserversorgung machen zu können, ging den analytischen Bestimmungen die Festlegung dieser Versorgungsgrenzen auf einer Karte voraus.

Hierzu seien folgende Angaben über die WW voraus geschickt:
In West-Berlin liegt eine zentral geleitete Wasserversorgung vor, die sich auf folgende WW stützt:

Tegel	mit einer Kapazität von 250 000m ³ /Tag
Beelitzhof	mit einer Kapazität von 250 000m ³ /Tag
Jungfernheide	mit einer Kapazität von 150 000m ³ /Tag
Tiefwerder	mit einer Kapazität von 100 000m ³ /Tag
Spandau	mit einer Kapazität von 90 000m ³ /Tag
Riemeister Fenn	mit einer Kapazität von 20 000m ³ /Tag
Kladow	mit einer Kapazität von 12 000m ³ /Tag
Grunewald	<u>mit einer Kapazität von 8 000m³/Tag</u>
	zus.: 880 000m ³ /Tag
	=====

Tabelle 2: West-Berliner WW mit maximaler Gesamtkapazität

Die hinter den Werken angegebenen Zahlen zeigen die Spitzenleistungen der betreffenden Werke auf, die zur Gesamtkapazität von 880 000m³/Tag addiert wurden (5).

Die gesamte Wassermenge wird über 970 Vertikalbrunnen mit Tiefen bis zu 100m und 3 Horizontalfilterbrunnen ausschließlich

dem Grundwasser entnommen (5).

Zur Grundwasseranreicherung sind künstliche Versickerungsanlagen (Tegel, Spandau, Jungfernheide) hergestellt worden. Im Bereich des Werkes Beelitzhof bilden der Schlachtensee und der Nikolassee natürliche Versickerungsanlagen. Die Wasserspiegelhöhe beider Seen, sowie der des kleinen Waldsees, wird mit Havelwasser konstant gehalten (5).

Das Grundwasser ist praktisch sauerstofffrei. Durch intensive Belüftung wird Sauerstoff (O_2) zugeführt, um Eisen und Mangan in eine unlösliche Form zu überführen und davon zu befreien. Nach anschließendem 1/2-1-stündigem Aufenthalt im Reaktionsbecken wird es vorwiegend über Schnellfilter geleitet. Das gewonnene Grundwasser hat nur einstellige Keimzahlen, ist also praktisch keimfrei. In 100 cm^3 können Coli-Keime nicht nachgewiesen werden. Das Reinwasser wird dennoch gechlort (maximal sind $0,05\text{ mg/l}$ Chlor nachweisbar) (5).

Die Wasserförderung erfolgt zweistufig, d.h. das Rohwasser wird auf Belüftungsanlagen gepumpt, gefiltert und aus abgedeckten Reinwasserbehältern in das Rohrnetz abgegeben (5).

Die Wasserverteilung erfolgt über ein weitverzweigtes Rohrnetz. Das Rohrnetz ist als Verbundnetz ausgebaut, d.h. alle acht WW sind über das Rohrnetz miteinander verbunden.

Aus der Lage Berlins im Spree- und Haveltal und auf dem Hochplateau des Barnim und Teltow, die das Spreetal nach Norden und Süden einfassen, ergab sich aus Zweckmäßigkeitsgründen eine Aufteilung des Versorgungsnetzes in verschiedene Druckzonen:

1. Tiefstadtzone,
2. zwei Hochstadtzonen,
3. Hochdruckzone des Wasserturms Westend.

Die Tiefstadtzone deckt sich im wesentlichen mit dem Spree- und Haveltal. Die beiden Hochstadtzonen befinden sich nördlich und südlich der Tiefstadtzone, entsprechend den Hochplateaus des Barnim und Teltow. In West-Berlin befindet sich die südliche Hochstadtzone (Teltow). Auf diese beiden Zonen verteilen sich die WW. Sie fördern im allgemeinen nur in die Druckzone, in der sie sich befinden.

Die Hochdruckzone des Wasserturms Westend hat kein eigenes Förderwerk, sondern ist durch die besonders hohe geographische Lage dieses Gebietes bedingt.

Außer diesen drei Druckzonen lassen sich für West-Berlin noch zwei besondere Versorgungsgebiete abtrennen:

1. das Versorgungsgebiet des WW Stolpe,
2. das Versorgungsgebiet des WW Riemeister Fenn.

Das WW Stolpe versorgt den Ortsteil Frohnau. Das Werk liegt in der Ost-Zone, untersteht damit den östlichen Behörden und liefert sogenanntes Austauschwasser. Diese Austauschlieferung ist vertraglich festgelegt und wird von den westlichen WW in gleicher Menge für den Verbrauch der Betriebsstellen der Deutschen Reichsbahn in den Westsektoren, einigen abgelegenen kleinen Siedlungsgebieten und einer geringen Anzahl von Einzelhäusern an der Sektorengrenze ausgeglichen.

Da die amerikanischen Besatzungsmächte ein stark chlorhaltiges Wasser verlangen, wurde, um nicht generell eine vermehrte Chlo-

zung einzuführen, für das WW Riemeister Fenn innerhalb der Hochdruckzone ein eigenes Versorgungsgebiet geschaffen. Hier wird das TW stärker gechlort und versorgt hauptsächlich die Stationierungsgebiete der amerikanischen Besatzungstruppen in den Ortsteilen Dahlem, Zehlendorf und Wannsee.

Da diese Aufgliederung der Wasserversorgung keine befriedigende Auskunft über das Einflußgebiet des einzelnen WW vermittelt, wurde eine Karte angefertigt, die darüber Aufschluß gibt.

Die kleinste Einheit dieses Einflußgebietes, der einzelne Brunnen, fällt nicht ins Gewicht, da jedes WW über eine größere Anzahl Brunnen verfügt. Das in den Brunnen gehobene Rohwasser wird in Sammelbecken vermischt. Daher kann angenommen werden, daß die einzelnen Werke ein relativ konstantes Mischwasser als Reinwasser liefern, das sich aber in seiner Härte, dem Chlor-, Sulfat-, Nitratgehalt usw., von Werk zu Werk unterschiedlich verhält.

Als Ausgangspunkt dienen 368 Zapfstellen, die über West-Berlin verstreut sind. Aus diesen Zapfstellen werden in monatlichen Abständen Wasserproben entnommen, die im Laboratorium auf ihre chemischen und hygienischen Eigenschaften untersucht werden. Die ermittelten Werte werden in einer Liste festgehalten.

Da die Wassereigenschaften der einzelnen Werke, wie oben erklärt, relativ konstant sind, konnte im Vergleich mit den ermittelten Werten der Zapfstellen festgestellt werden, welches Werk an welcher Zapfstelle Wasser liefert. Die Zapfstellen mit der betreffenden Bezeichnung der Werke in die Stadtkarte eingetragen, ergibt die Einflußgebiete der WW. Als Ergebnis (s.S. 23, Abb. 3) ließ sich feststellen, daß zwar für jedes Werk, ab-

Übersichtskarte von BERLIN (WEST)

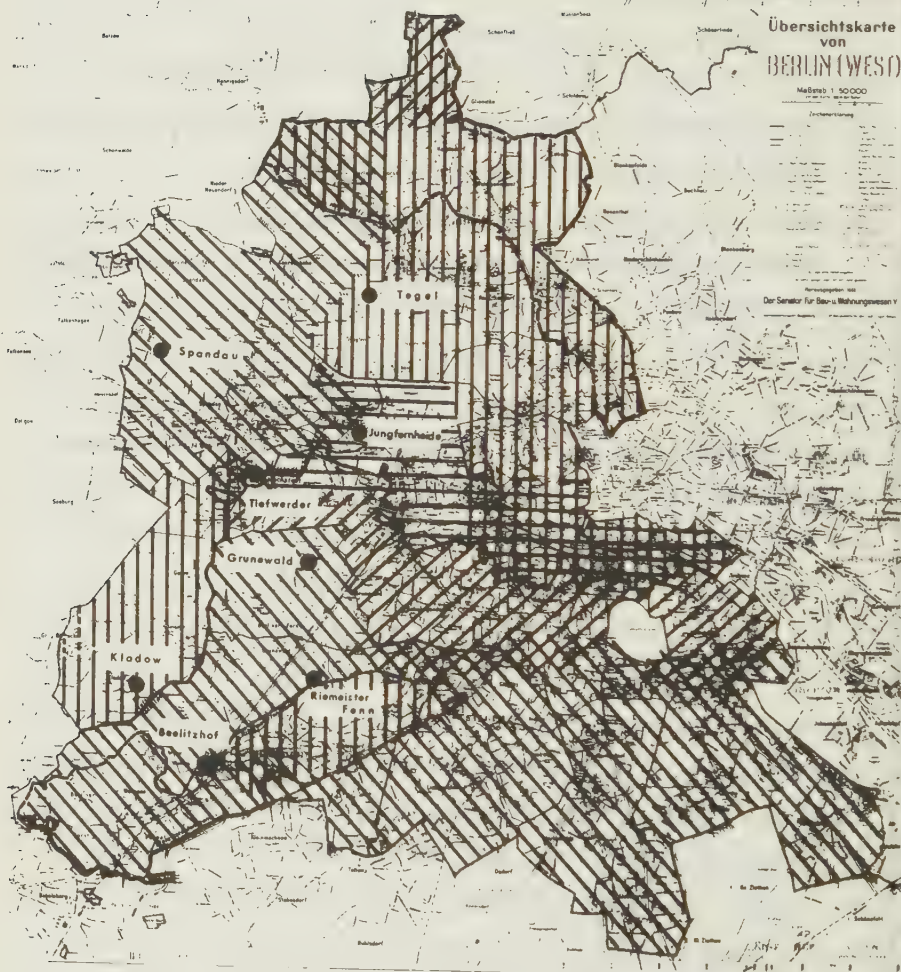
Maßstab 1:50.000

Verarbeitet von der

Zoologischen Station

Der Senator für Urban, Wohnungswesen u.

Verwaltung



gesehen vom WW Grunewald, welches sich wegen der geringen Kapazität nicht bemerkbar macht (es fördert lediglich im Sommer 2 Stunden lang), gewisse Kerngebiete bestehen, die Grenzen jedoch fließend ineinander übergehen, d.h. es liegen Gebiete mit Reinwasser und Mischwasser (bezogen auf das einzelne WW) vor.

1966 wurden 141,8 Mill. m³ TW gefördert. Diese Wassermenge entspricht einem Pro-Kopf-Verbrauch von etwa 176,7 Litern pro Tag. Da diese Literzahl sehr hoch ist, wird der Prozentsatz des tatsächlich als TW benutzten Wassers auf etwa 1-2 %, also 1,5 bis 2,5 Liter pro Tag, geschätzt.

Die Wasserversorgung erfaßt nicht alle Bewohner Berlins. Es existieren zahlreiche Privatbrunnen, besonders in Industriebetrieben und Kleingartensiedlungen, die ihr eigenes Wasser fördern. Die Anzahl dieser Brunnen und der von ihnen versorgte Personenkreis ist nicht erfaßt.

2. Quantitative Fluorbestimmung im West-Berliner Trinkwasser

a) Methodik

Von den zahlreich vorliegenden Arbeitsvorschriften für die Fluoranalytik im Wasser wurde für das Berliner TW die von der ORCA (Organisme Européen de Coordination des Recherches sur le Fluor et la Prophylaxie de la Carie dentaire = Europäische Arbeitsgemeinschaft für Fluorforschung und Zahnkariesprophylaxe) empfohlene Analysenmethode (22) benutzt. Diese Methode wurde vom ORCA-Team unter der Leitung von Q u e n t i n (22) entwickelt. Es handelt sich um eine colorimetrische Be-

stimmung im Mikromaßstab (Zirkon-Erio-chromcyanin-Verfahren), der eine Abtrennung des Fluorids als Fluorwasserstoffsäure HF bzw. Kieselfluorwasserstoffsäure H_2SiF_6 von anderen Mineralstoffen mittels Wasserdampf-Perchlorsäure-Destillation bei $130-140^\circ \text{C}$ vorgeschaltet ist.

Die Destillationsapparatur (Abb. 4) ist aufgebaut aus einem Destillationskolben (250 ml), der in einer Pilzhaube ruht. Die Temperatur der Pilzhaube wird über ein zwischengeschaltetes Relais durch ein auf 135°C eingestelltes Kontaktthermometer automatisch gesteuert. Der Destillationskolben besitzt einen senkrechten Schliffansatz für die Kühlerableitung. Diese ist so hoch angesetzt, daß ein Überspritzen der Säure vermieden wird. An diese Kühlerableitung ist ein senkrecht stehender Schlangenkühler (10 Windungen auf 30 cm Länge) angeschlossen, unter dem die Meßkolben (50 ml) zum Auffangen des Destillates gestellt werden. Gekühlt wird mit fließendem Wasser. Durch den seitlichen Schliffansatz im Destillationskolben wird aus einem Wasserdampfentwickler (Wasserbehälter mit Steig- und Ableitungsrohr) der Wasserdampf in den Destillationskolben eingeleitet. Der Wasserdampf wird nach Aufheizen des Wassers (durch Bunsenbrenner unter dem Wasserdampfentwickler), zunächst abgeleitet und erst dann zugeführt, wenn die Destillationstemperatur (135°C) im Kolben erreicht ist.

Für die Destillation wird fluorfreie Destillationssäure benötigt. Dazu werden 500 ml Perchlorsäure pro anal. 70 % ($d=1,67$) mit 250 ml destilliertem Wasser verdünnt. In der verdünnten Säure werden 12 g Silberperchlorat (AgClO_4 puriss. der Fluka AG in Buchs (Schweiz)) und 30 g Eisen (II)-Sulfat pro anal.

gelöst. Die Säure wird dann derart gereinigt, daß sie portionsweise (200 ml) einer Wasserdampfdestillation bei 135°C unterzogen wird (gleiche Versuchsanordnung wie bei der Fluor-Destillation, Abb. 4).

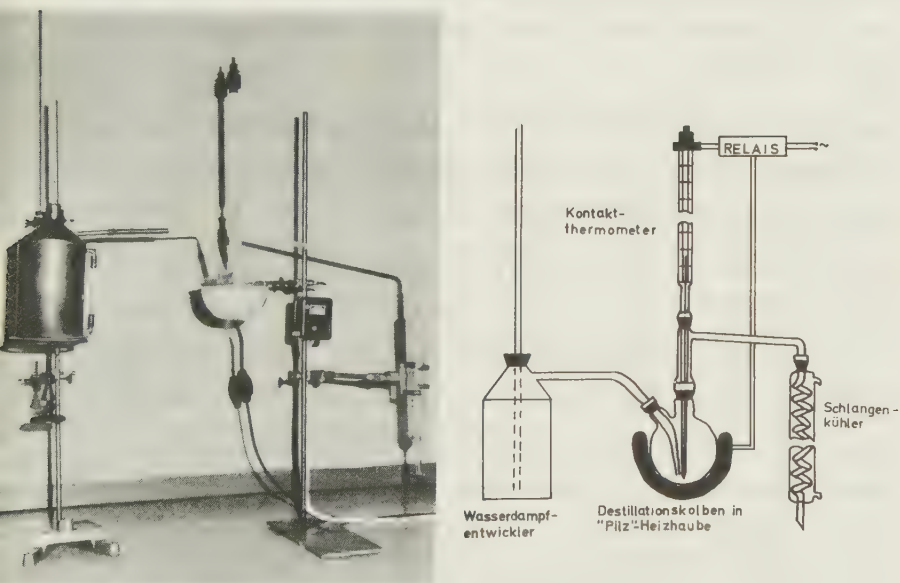


Abb. 4: Fluor-Destillationsapparatur

Von jeder Säureportion werden 100 ml abdestilliert. Das Destillat wird verworfen, während die sich im Destillationskolben befindliche Säure nach Erkalten von einem geringen Bodensatz abgossen und in dunkler Glasflasche aufbewahrt wird.

Die Zusätze von Silberperchlorat (1) und Eisen(II)-Sulfat (2) zur Destillationssäure dienen zur Ausschaltung von Chlor (1), Nitrat und Nitrit (2), da hiervon schon geringe Mengen das colorimetrische Verfahren stören würden.

Für die Wasserdampf-Perchlorsäure-Destillation soll der Fluorgehalt der zu untersuchenden Wasserprobe zwischen 10% und 50% liegen. Es muß daher mit entsprechendem Fluorgehalt eingedampft werden. Die ermittelte Wassermenge wird unmittelbar im Destillationskolben verdampft. Während dieses Vorganges muß die alkalische Reaktion durch Zugabe einiger Tropfen n-NaOH sichergestellt werden.

Nach Erkalten des Rückstandes und Aufbau der Destillationsapparatur werden zwei Glasfrittescherben und 25 ml Destillations-säure (fluorfrei) in den Kolben gegeben.

Vier 50 ml Meßkolben werden mit jeweils 1 ml n-NaOH und 3 Tropfen Phenolphthalein als Indikator beschickt. Der erste Meßkolben wird mit aufgesetztem Kunststofftrichterchen unter den Kühlerablauf gestellt. Sind im Destillationskolben 135° C erreicht, wird aus dem inzwischen aufgeheizten Dampfentwickler Wasserdampf eingeleitet. Das abtropfende Destillat läßt man nacheinander in die Meßkolben 1-4 so einfließen, daß noch ein Neutralisationsspielraum bis zur Marke freibleibt. Verschwindet in den Meßkolben während der Destillation die Rotfärbung, muß noch etwas Natronlauge zugegeben werden. Ist der vierte Kolben gefüllt, wird die Destillation abgebrochen. Die Destillate in den Meßkolben werden mit n-Perchlorsäure gegen Phenolphthalein neutralisiert und mit dest. Wasser zur Marke aufgefüllt. Sie sind jetzt zur Anfärbung bereit. Das gesamte Fluorid befindet sich in den Kolben 1 und 2, evtl. noch in 3, während Lösung 4 wieder fluorfrei ist.

Für die sich nun anschließende colorimetrische Fluoridbestim-

mung nach dem Zirkon-Eriochromcyanin-Verfahren werden benötigt:

1. Fluorstandardlösung

221 mg NaF pro anal. werden in 1 Liter dest. Wasser gelöst (Stammlösung). Im Verhältnis 1:10 verdünnt erhält man die Standardlösung (1 ml = 10 μ F),

2. Vergleichslösung

20 g Kaliumdichromat pro anal. werden in einem Liter-Meßkolben mit dest. Wasser gelöst. Nach Zusatz von 100 ml Pufferlösung wird mit Wasser zur Marke aufgefüllt und der pH-Wert geprüft. Zur Herstellung der Pufferlösung (pH 2,5) werden 9,078 g Kaliumhydrogenphosphat (primäres Kaliumphosphat KH_2PO_4 pro anal.) in einem Liter-Meßkolben mit dest. Wasser gelöst. Nach Zusatz von 5 ml 84,5%iger Phosphorsäure ($d=1,70$) wird mit Wasser zur Marke aufgefüllt.

3. Zirkon-Eriochromcyanin-Lösung

0,340 g Eriochromcyanin pro anal. und 0,100 g Zirkonoxychlorid pro anal. werden jeweils in 50 ml dest. Wasser gelöst und dann in einen Liter-Meßkolben überspült. Dieser Lösung werden 86 ml 70%iger Perchlorsäure ($d=1,67$) und 82 ml konzentrierte Salzsäure ($d=1,19$) zugesetzt. Der Meßkolben wird unter Kühlung mit dest. Wasser aufgefüllt und vor Gebrauch eine Woche im Kühlschrank aufbewahrt. Die Lösung ist rot und mindestens zwei Monate haltbar.

4. Elektrocolorimeter (benutzt wurde: Photometer "Eppendorf") mit Kuvetten von 1 cm Schichtdicke.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann mit der colorimetrischen Bestimmung begonnen werden. Den oben beschriebenen, im

Meßkolben aufgefüllten Destillaten werden 15 ml Zirkon-Eriochromcyanin-Lösung zugesetzt. Nach Umschütteln und mindestens einstündigem Stehen bei Zimmertemperatur erfolgt die Messung im Elektrocolumeter gegen die Vergleichslösung.

In gleicher Weise wird mit der Fluor-Standardlösung im Bereich von 0-40 μ eine Eichkurve aufgestellt. Auf dieser Eichkurve wird anhand der gemessenen Extinktion im Photometer direkt der Fluorgehalt des betreffenden Destillats abgelesen. Die Summe aller vier vermessenen Destillate ergibt die absolute Fluormenge der eingedampften Wasserprobe in Gamma (μ).

b) Vorversuche

Um das Absorptionsmaximum der Zirkon-Eriochromcyaninlösung (Zr-EC-Lösg) für die Messungen im Elektrocolumeter zu ermitteln, wurden folgende Durchlässigkeitsmessungen im Bereich von 500-600 $m\mu$ durchgeführt:

1. 50 ml A + 15 ml C gegen D
2. 49 ml A + 1 ml B (= 10 μ F) + 15 ml C gegen D
3. 48 ml A + 2 ml B (= 20 μ F) + 15 ml C gegen D
4. 47 ml A + 3 ml B (= 30 μ F) + 15 ml C gegen D
5. 46 ml A + 4 ml B (= 40 μ F) + 15 ml C gegen D

A = destilliertes Wasser

B = F-Standardlösung

C = Zr-EC-Lösg

D = Bezugslösung

Die Messungen erfolgten mit dem Spektralphotometer Beckmann DB in 1x1 cm Küvetten. Im Hauptstrahlengang wurde die betreffende Zr-EC-Lösg und im Vergleichsstrahlengang die Bezugslösung (Kaliumdichromatlösung) gemessen. Bei dem eindeu-

tigen Kurvenverlauf (Abb. 5) ergab sich das Absorptionsmaximum zwischen 540 und 550 $m\mu$

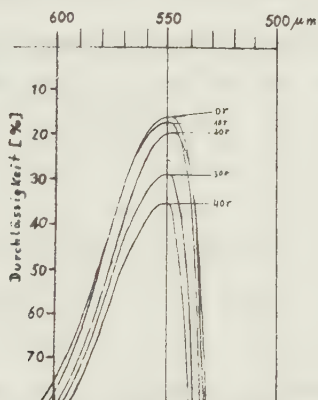


Abb. 5: Messung des Absorptionsmaximums der Zr-EC-Lösg
im Bereich von 500-600 $m\mu$ zur Bezugslösung

Da mit einem relativ gleichmäßigen Fluorgehalt im gesamten Berliner-TW gerechnet werden kann, wurde auf die colorimetrischen Vorversuche zur Ermittlung der einzudampfenden Wassermenge verzichtet. Diese Angaben sollten aus den vorhergehenden Versuchen zur Überprüfung der Analysenapparatur mit jeweiliger anschließender colorimetrischer Bestimmung ermittelt werden.

Für diese Vorversuche ist stets das gleiche Wasser benutzt worden, das in einer 5-Liter-Flasche aufbewahrt wurde. Als Ergebnis dieser Untersuchungen konnte, um in geringen Grenzen übereinstimmende Analysenergebnisse zu erhalten, folgendes festgestellt werden:

1. Es muß genau darauf geachtet werden, daß beim Verdampfen der Wasserprobe keine Verluste entstehen, d.h. das Wasser darf nicht durch übermäßiges Erhitzen aus dem Destillationskolben spritzen. Die Verdampfung muß im richtigen Augenblick abgebrochen werden, so daß der Bodensatz nicht von der erhitzten Glaswand des Kolbens abplatzt und herausgeschleudert wird (nicht bis zur völligen Trockne eindampfen). Derartige Verluste sind zu vermeiden, wenn unter Vakuum verdampft wird. Dem über der Wärmequelle befestigten Kolben wird im senkrechten Schliffansatz ein Tropfenfänger nach S t u t z e r aufgesetzt, an den eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen ist. Der seitliche Schliffansatz wird so verschlossen, daß eine Glaskapillare, die bis auf den Boden des Kolbens reicht und für den Druckausgleich sorgt, eingesetzt werden kann (Abb. 6).

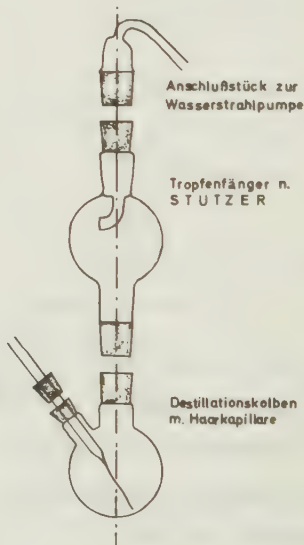


Abb. 6: Vakuumverdampfungsapparatur

Es wird mit dieser Methode erreicht, daß die Verdampfung beschleunigt wird, gleichmäßig ist und vor allem, daß kein Wasserverlust durch Überspritzen entsteht. Da der Sog indirekt ist, kann auch kein Wasser abgesaugt werden.

2. Colorimetrische Bestimmungen an verschiedenen Tagen bedürfen einer neuen Eichkurve.
3. Die angegebenen Mengenverhältnisse müssen genau eingehalten werden.
4. Die günstigsten Ergebnisse sind beim Verdampfen von 200 ml Wasser zu erwarten.
5. Die Wasserproben müssen verschlossen aufbewahrt werden und möglichst frisch sein, da sich durch Verdampfung die Konzentrationen ändern.
6. Die angesetzten Lösungen müssen ebenfalls verschlossen aufbewahrt werden, sie ändern auch ihre Konzentrationen und könnten verunreinigt werden. Vor Gebrauch schütteln!
7. Instrumente und Gefäße müssen vorher gründlich gereinigt und mit dest. Wasser abgespült sein.
8. Sämtliche Glasinstrumente und -gefäße müssen aus fluorarmem Glas hergestellt sein, um die Analyse nicht durch daher stammende und in Lösung gegangene F-Ionen zu verfälschen.
9. Das Elektrophotometer sollte etwa eine Stunde vor Gebrauch eingeschaltet werden.
10. Die mit der Zr-EO-Lösung versetzten Destillate sind gut zu schütteln und eine Stunde stehen zu lassen. Die Messung muß am gleichen Tag erfolgen (Verdampfung).

c) Hauptversuch

Um rationell zu arbeiten und zeitlich bedingte Differenzen bei der Destillation auszuschalten, wurde der Hauptversuch folgendermaßen vorbereitet:

1. Einsammeln der zu untersuchenden Wasserproben. Bei den Wasserproben handelte es sich um Reinwasser, welches in jedem der acht WW direkt abgezapft und in 5-Liter Kunststoffbehälter gefüllt wurde. Jede Probe wurde sofort beschriftet, um Verwechslungen auszuschalten. Reinwasser wurde aus den auf S. 22 angeführten Gründen benutzt. Alle Proben wurden am 23.7.67 abgefüllt.
2. Herstellung der benötigten Reagenzien in vorher berechneten Mengen.
3. Aufbau der Analysenapparatur und Bereitstellung der benötigten gesäuberten Glasgefäße und Instrumente.
4. Eindampfen der zu untersuchenden Wasserproben. Es wurden jeweils 200 ml Wasser unter den oben angegebenen Bedingungen eingedampft. Alle Proben wurden vor Beginn der Wasserdampf-Perchlorsäure-Destillation eingedampft und bis zu ihrem Beginn sorgfältig mit Kunststoffolie verschlossen aufbewahrt.

Nach Abschluß dieser Vorbereitungen begann die Fluoridbestimmung. Zur Bestimmung kamen insgesamt 24 Proben, so daß jede der acht eingesammelten Wasserproben dreimal analysiert wurde. Die Wasserdampf-Perchlorsäure-Destillation wurde an zwei Destillationsapparaturen gleichzeitig vorgenommen. Da die Wasserproben direkt in den Destillationskolben eingedampft worden waren, konnten diese nach Abschluß jeder Destillation und Reinigung der übrigen Apparatur mit dest. Wasser ausgewechselt werden. Alle

24 Destillationen wurden hintereinander durchgeführt. Die in den Meßkolben aufgefangenen Destillate, insgesamt 96, wurden beschriftet und bis Abschluß der letzten Destillation verschlossen aufbewahrt.

Nach Abbruch der letzten Destillation wurde allen 96 Destillaten 15 ml Zr-EC-Lösg zugegeben. Nun konnte die elektrocolorimetrische Bestimmung nach kräftigem Umschütteln und einstündigem Stehen bei Zimmertemperatur erfolgen.

Gleichzeitig wurden drei Standardreihen (A, B, C) mit jeweils 0, 10, 20, 30 und 40 μ Fluorid zur Bestimmung der Eichkurve angesetzt und vermessen.

Die Messungen erfolgten mit dem Photometer "Eppendorf" nach Lichtmarken-Korrektur am rechten und linken Skalenende in Bezug auf die Vergleichslösung bei Grobeinstellung 9. Die Verstärkung war normal. Es wurde der Grünfilter Hg 546 nm, entsprechend dem Absorptionsmaximum zwischen 540-550 m μ , benutzt. Die Messung erfolgte mit Küvetten von 1 cm Schichtdicke.

d) Auswertung und Ergebnisse

Für die Standardvermessungen kamen 3 Reihen (A, B, C) zur Auswertung, um eventuelle Ungenauigkeiten zu erfassen. Die Ergebnisse der Standarduntersuchungen sind in Tabelle 3 (S. 35) aufgeführt.

Die ermittelten Extinktionen sind mit den entsprechenden Fluorwerten (0, 10, 20, 30, 40 μ) der betreffenden Standardlösung nach Berechnung des Mittelwertes auf Millimeterpapier übertragen worden. Die Schnittpunkte der Extinktionen und Fluorwerte

	0 r	10 r	20 r	30 r	40 r
A	11,8	14,2	18,0	22,8	29,4
B	11,8	14,2	18,2	22,8	29,6
C	11,8	14,2	18,0	22,8	29,2
MW	11,8	14,2	18,0	22,8	29,4

Tabelle 3: Standardmessungen in 3 Reihen und Bestimmung der durchschnittlichen Extinktion (MW) für die Eichkurve

wurden zur Eichkurve verbunden. Auf dieser Eichkurve konnte nun unmittelbar der Fluorgehalt bei jeder beliebigen Extinktion innerhalb des Meßbereiches abgelesen werden (Abb. 7)

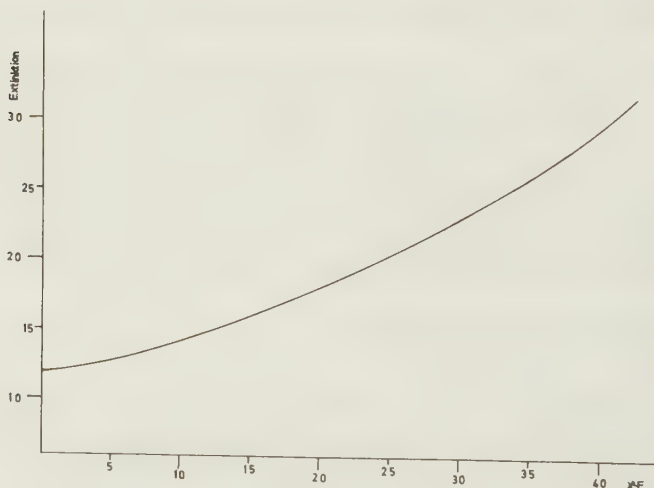


Abb. 7: Eichkurve

Da von jeder Wasserprobe vier Destillate (1,2,3,4) resultierten, wurden die anhand der Eichkurve ermittelten Fluorwerte

addiert. Die Summe stellt die absolute Fluormenge für die untersuchte Probe dar. Da jeweils 200 ml Wasser zur Analyse kamen, mußte die Summe mit 5 multipliziert werden, um den Fluorgehalt pro Liter zu ermitteln. Die Maßeinheit sind Gamma (μ), die anschließend auf Milligramm (mg) umgerechnet werden.

Sämtliche Analysendaten sind in Tabelle 5 (S. 37) zusammengefaßt.

Als Ergebnis ist festzustellen, daß das Berliner TW fluorhaltig ist. Auf Grund der nach dem Zirkon-Erio-chromcyanin-Verfahren (22) quantitativ untersuchten Reinwasserproben vom 23.7.1967 der acht WW Berlins (West) konnte folgender Fluorgehalt ermittelt werden (Tab. 4):

<u>Wasserwerk</u>	<u>mg F/l</u>
Beelitzhof	0,24
Grunewald	0,16
Jungfernheide	0,26
Kladow	0,25
Riemeister Fenn	0,23
Spandau	0,22
Tegel	0,29
Tiefwerder	0,19

Tabelle 4: Fluorgehalt (mg F/l) der am 23.7.1967 von den WW Berlins geförderten Reinwasserproben

Diese Ergebnisse sind in Abb. 8 (S. 33) graphisch dargestellt.

Nach den erfolgten Bestimmungen liegt der durchschnittliche Fluorgehalt des Berliner Trinkwassers bei 0,23 mg/l, der von den Werken Beelitzhof, Jungfernheide, Kladow und Tegel überschritten, von den Werken Grunewald, Spandau und Tiefwerder un-

Wasserwerk	Nummer	h _{10m}	200m F ₁	mg F/1	mm/m (g/l)	Wasserwerk	Nummer	h _{10m}	200m F ₁	mg F/1	mm/m (g/l)
BEEULITZHOFF	B1	1	290	398		RIEWEISTER FENN	R1	1	264	360	
	2	126	48				2	134	78		
	3	124	36				3	122	28		
	4	118	00				4	118	00		
	B2	1	288	394			R2	1	282	398	
	2	126	48				2	134	78		
	3	122	28				3	124	36		
	4	120	12				4	118	00		
	B3	1	286	394			R3	1	264	360	
	2	128	54				2	134	78		
GRUNEWALD	4	118	36			SPANDAU	3	122	28		
	G1	1	206	256			4	118	00		
	2	128	56				S1	1	260	354	
	3	120	12				2	132	72		
	4	118	00				3	122	28		
	G2	1	206	256			4	118	00		
	2	128	56				S2	1	260	358	
	3	120	12				2	132	72		
	4	118	00				3	124	36		
	G3	1	206	256		TIEFWENDER	4	118	00		
JUNGFERNHEIDE	2	128	56				S3	1	254	344	
	3	120	12				2	130	64		
	4	118	00				3	124	36		
	J1	1	282	398			4	118	00		
	2	136	82				TE1	1	282	398	
	3	122	28				2	156	142		
	4	120	12				3	122	28		
	J2	1	282	398			4	120	12		
	2	136	80				TE2	1	282	398	
	3	122	28				2	156	142		
KLADOW	4	120	12				3	122	28		
	J3	1	280	396			4	118	00		
	2	136	80				TE3	1	282	398	
	3	122	28				2	156	124		
	4	120	12				3	122	28		
	K1	1	282	398			4	120	12		
	2	134	78				TI	1	218	280	
	3	124	36				2	136	84		
	4	118	00				3	120	12		
	K2	1	282	396			4	118	00		
TIEFWENDER	2	134	78			TIEFWENDER	TI	1	220	290	
	3	122	28				2	136	84		
	4	118	00				3	120	12		
	K3	1	280	396			4	118	00		
	2	134	78				TI3	1	220	290	
	3	122	28				2	136	84		
	4	118	00				3	124	36		
	K4	1	280	396			4	118	00		
	2	134	78				TI4	1	220	290	
	3	122	28				2	136	84		

Tabelle 5: Sämtliche Analysendaten der Reinwasserproben

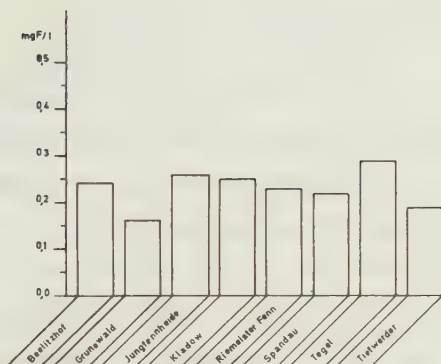


Abb. 8: Fluorgehalt (mg F/l) der am 23.7.67 von den WW Berlins geförderten Reinwasserproben.

terschritten wird. Das Werk Riemeister Fenn entspricht dem Durchschnittswert. Die höchste Fluorkonzentration findet sich im Reinwasser des WW Tegel (0,29 mg/l), während das Werk Grunewald die niedrigste Konzentration mit 0,16 mg F/l aufweist. Die Ergebnisse auf die Wasserverteilungskarte bezogen, ergeben folgende F-Konzentration für die einzelnen Bezirke:

WW Tegel: Reinickendorf (Hermsdorf, Frohnau, Waidmannslust, Lübars, Tegel, Wittenau, Heiligensee, Jungfernheide, Reinickendorf), Wedding, Tiergarten, Kreuzberg, Schöneberg

WW Kladow: Spandau (Kladow, Gatow)

WW Spandau: Spandau (Staaken, Spandau, Haselhorst, Siemensstadt) Reinickendorf (Konradshöhe, Heiligensee)

WW Jungfernheide: Spandau (Siemensstadt), Charlottenburg, Tiergarten, Schöneberg, Kreuzberg

WW Tiefwerder: Spandau (Wilhelmstadt), Charlottenburg, Wilmersdorf (Grunewald, Schmargendorf, Wilmersdorf), Schöneberg (Friedenau), Tempelhof (Tempelhof), Neukölln (Neukölln)

WW Riemeister Fenn: Zehlendorf (Nikolassee, Zehlendorf, Dahlem)

WW Beelitzhof: Zehlendorf, (Wannsee, Grunewald), Wilmersdorf (Grunewald), Steglitz, Tempelhof (Tempelhof, Mariendorf, Marienfelde, Lichtenrade), Neukölln (Britz, Buckow, Rudow)

C. Diskussion

=====

Die Zahnkaries ist die am weitesten verbreitete Seuche der Welt geworden. Der Grund ist ihre scheinbare Bedeutungslosigkeit, da mit dem Kariesgeschehen keine akute Lebensgefahr verbunden ist. Der Ursachenkomplex der Karies ist nicht restlos bekannt, so daß man ihrer Ausbreitung bislang nur ungenügend vorbeugen kann (bessere Zahnpflege, Einschränkung des Zuckergenusses, Beseitigung von Stellungsanomalien, Verriegelung der Fissuren usw.). Die Behandlung erfolgt symptomatisch. Der grundlegenden Arbeit Deans und seiner Mitarbeiter ist es zu verdanken, daß man heute in der Lage ist, mit Hilfe des Fluor-Ions eine erfolgversprechende Kariesprophylaxe zu betreiben. Obwohl der Wirkungsmechanismus, der Stoffwechsel und die Auswirkung auf den Gesamtorganismus nicht restlos geklärt sind, kann der kariesprotektive Effekt des Fluors und in physiologischen Dosen verabreicht, seine Unschädlichkeit dem Gesamtorganismus gegenüber nicht mehr übersehen werden. Die Frage ist, ob mit dem Fluor tatsächlich das wirksamste Spurenelement gefunden ist. Fest steht nur, daß die Fluorprophylaxe wirksam gegen Karies ist, jedoch die Karies nicht vollständig beseitigt.

Obwohl die karieshemmende Wirkung des Fluors erwiesen ist, steht man seiner Anwendung zur Kariesprophylaxe, zumindest in Europa, abwartend gegenüber. Die wenigen in Europa in Betrieb genommenen TWF-Anlagen können nur als Versuchsanlagen angesehen werden. Da die TWF eine größere zentrale Wasserversorgungsanlage voraussetzt, kann nach dem bisherigen Vorgehen (Kassel)

immer nur ein begrenzter Teil der Bevölkerung mit fluoridiertem Wasser beliefert werden. Dies ist z.Zt. aber als Methode der Wahl anzusehen, wenn es die Verhältnisse zulassen. Allen anderen Methoden haften, wie einleitend erörtert wurde, schwerwiegende Nachteile an. Sie können nur als Ergänzungsmaßnahmen in Gebieten ohne zentrale Wasserversorgung in Frage kommen.

Da vor Einführung der TWF hinsichtlich der anzuwendenden Dosierung ein umfangreiches Studium der örtlichen Verhältnisse notwendig ist, wäre es zu begrüßen, wenn sich die zahnärztliche Forschung mit der Fluorfrage unter den in Deutschland vorherrschenden Lebensgewohnheiten in den dafür geeigneten Orten befassen würde. Eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine positive Anwendung der TWF ist die geeignete Ortsauswahl. Unklare örtliche Verhältnisse sollten zunächst ausgeschaltet werden. Der Ort, in dem beispielsweise die ersten Studien beabsichtigt sind, sollte folgende vier Voraussetzungen erfüllen:

1. Vorhandensein einer zentralen Trinkwasserversorgungsanlage mit einem einzigen Quellgebiet, dessen Fluorgehalt, von geringen Schwankungen abgesehen, konstant ist.
2. Der zu untersuchende ortsansässige Personenkreis muß genügend groß sein.
3. Der in Frage kommende Personenkreis muß überwiegend im Ort tätig sein.
4. Die Herkunft der Fluorzufuhr muß genau erkennbar sein und eine Beeinflussung durch Fluor oder Fluorverbindungen verarbeitende Betriebe muß ausgeschlossen sein.

Bei der eingangs erörterten weltweiten Verbreitung des Fluors ist es nicht verwunderlich, daß es im Berliner TW nachgewiesen werden konnte. Mit einem durchschnittlichen Gehalt von 0,23 mg/lF stellt es im Sinne der Fluorprophylaxe ein fluordefizitäres Wasser dar. Nach den bisherigen Ergebnissen, vor allem gewonnen in den USA, wird der Wert um 1 mg/lF im TW als der physiologisch günstigste für die Kariesprophylaxe angesehen. Man kann dabei eine Kariesreduktion bis zu $\frac{2}{3}$ erwarten. Nach dem vorliegenden durchschnittlichen Analysenergebnis von 0,23 mg/lF weist das Berliner TW für eine allgemeine Kariesprophylaxe mit Fluoriden ein Defizit von 0,77 mg/l F auf. Sollte man sich für die Einführung der TWF entschließen, müßte allerdings die tägliche Fluoraufnahme durch die Nahrungsmittel berücksichtigt werden. Nach den Angaben von Schmidt (27) beträgt diese F-Aufnahme 0,25-0,40 mg pro Tag. Geht man davon aus, daß täglich etwa 0,32 mg F über die Nahrung dem Organismus zugeführt werden, ergäbe sich für die tägliche F-Aufnahme aus Nahrungsmitteln und Trinkwasser etwa 0,55 mg/Tag. Die dem Trinkwasser zuzusetzende Dosis würde sich demnach etwa zwischen 0,40 und 0,50 mgF/l bewegen, um auf die tägliche Gesamtsumme von höchstens 1 mg F zu kommen.

Der Versuch, auf diese Art theoretisch die dem TW zuzusetzende F-Dosis zu ermitteln, bedarf natürlich eingehenderer Untersuchungen zur Bestätigung. Es müßten umfangreiche Studien über die tatsächlich täglich als TW aufgenommenen Flüssigkeitsmengen erfolgen. Hierbei wird sich die Frage ergeben, ob das sogenannte Trinkwasser auch tatsächlich als TW genutzt wird. Es werden heute hauptsächlich Limonaden, Fruchtsäfte usw. von

Kindern, auf die es ankommt, getrunken, aber kein Leitungswasser. Es ergibt sich also die Frage, ob die Hersteller derartiger Getränke von den WWerken geliefertes Wasser benutzen, eigene Brunnen besitzen oder ihre Fertigung außerhalb Berlins liegt.

Weiterhin müßte der F-Gehalt des Trinkwassers über eine längere Zeit überprüft werden, um eventuelle Schwankungen auffangen zu können. Auch sollte sich die F-Dosierung den Temperaturschwankungen anpassen, denn höhere Temperaturen bewirken eine größere, während niedrige Temperaturen eine geringere Flüssigkeitsaufnahme bewirken. In diesem Zusammenhang spielt auch die Luftfeuchtigkeit eine wesentliche Rolle.

West-Berlin ist für die Fluorforschung in Deutschland in seiner momentanen Insellage, bezogen auf die oben genannten vier Punkte, geradezu als Idealfall anzusehen. Es verfügt über eine zentrale Wasserversorgungsanlage, die sich auf acht WW stützt. Das geförderte Wasser wird ausschließlich dem Grundwasser entnommen, so daß es bei den gegebenen geologischen Verhältnissen einen relativ konstanten Fluorgehalt aufweisen müßte. Mit seinen ca. 2,2 Mill. Einwohnern und einer jährlichen Geburtenrate von ca. 23-26.000 Neugeborenen, ist der statistisch zu erfassende Personenkreis umfangreich. Die Insellage der Stadt bewirkt eine überwiegende Anwesenheit der Bevölkerung, so daß die Bevölkerungsfluktuation kaum ins Gewicht fallen kann. Obwohl die Berliner Industrie sehr umfangreich ist, ist nichts über eine Beeinflussung der Luft oder des Wassers durch Betriebe, die fluorhaltige Werkstoffe benutzen, bekannt geworden, so daß auch die erzielten Resultate nicht

durch Überlagerung anderer Fluorquellen verfälscht werden können.

Um das Fluorid dem Wasser zuzuführen, werden automatisch arbeitende Fluorverteilungsapparate (Feeder) benötigt. Auf dem Markt werden zahlreiche Apparate angeboten. Die Wahl des Typs hängt von den Verhältnissen im WW und den Eigenschaften der gewählten Fluorverbindung ab. Man geht heute vom Zusatz von Fluorid in Salzform ab und benutzt mehr und mehr flüssige Fluorverbindungen, deren Dosierung einfacher und sicherer ist. Es handelt sich dabei nicht um einen Zusatz von Fluor, sondern immer um eine Anreicherung des im natürlichen Wasser stets vorhandenen Fluors.

Die derzeitigen gesetzlichen Bestimmungen könnten durch eine Ausnahmegenehmigung der Bundesregierung aufgehoben werden, die das Gesundheitsministerium auf Antrag Ländern oder Gemeinden generell in Aussicht stellte.

Die Notwendigkeit einer Zahnkariesprophylaxe in Berlin ergibt sich aus den 1965 durchgeführten jugendzahnärztlichen Reihenuntersuchungen, denen zu entnehmen ist, "daß die Anteile kariesfreier Gebisse seit 1960 in jedem Lebensalter abgenommen haben. Das gilt für bleibende wie für Milchgebisse. So hatten bei den Siebenjährigen mit bleibenden Zähnen 1965 etwa 71,6 % der Untersuchten ein kariesfreies Gebiß (1961 noch rd. 74,8 %). Bei den Achtzehnjährigen hatten 1965 nur 3,4 % (1961 noch 7,1 %) naturgesunde Zähne. - Bei Milchgebissen waren von den Vierjährigen 1965 rd. 55,9 % der Untersuchten ohne Kariesbefund (1961 = 58,9 %), während bei den Achtjährigen 1965 nur mehr 9,1 % (1961 = 11,5 %) zu verzeichnen

waren" (35).

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die Zahnkaries im Laufe des letzten Jahrhunderts zu einem sozialhygienischen Problem 1. Ordnung geworden ist. Gewaltige Geldsummen werden jährlich für die Beseitigung der Schäden ausgegeben, die durch Karies entstehen, sei es für Gebißsanierungen auf konservierendem, prothetischem, chirurgischem oder kieferorthopädischem Gebiet (Herstellung eugnather Verhältnisse nach Zusammenbruch der Stützzone) als auch für dentalbedingte Erkrankungen des Magen-Darmkanals, oder sei es für die durch Karies verursachten Herdinfektionskrankheiten. Eine umfassende Kariesprophylaxe erscheint deshalb dringend notwendig. Nach dem derzeitigen Stand ist die Fluorapplikation als der erfolversprechendste Weg der Kariesprophylaxe anzusehen. In Deutschland konnte man sich noch nicht generell zu diesem Weg entschließen. Deshalb kann nur, um alle bestehenden Zweifel und Widerstände zu beseitigen, eine ausreichende Forschung unter den in Deutschland gegebenen Bedingungen den Weg für eine allgemeine Bekämpfung der Karies ebnen. Die hierfür benötigten Mittel dürften verschwindend gering im Vergleich zu den Aufwendungen sein, die zur Beseitigung der durch Karies entstandenen Gesundheitsschäden notwendig sind.

D. Zusammenfassung

Auf Grund des großen Interesses, das heute das Fluor-Ion wegen seines kariesprotektiven Effekts einnimmt, wurde in der vorliegenden Arbeit über Ergebnisse zur Frage des Fluorgehaltes des Berliner Trinkwassers berichtet. Für die Fluoranalytik kam die von der ORCA empfohlene colorimetrische Analysenmethode nach dem Zirkon-Erio-chromcyanin-Verfahren zur Anwendung. Dieser Analyse war eine Abtrennung des Fluorids als Flußwasserstoffsäure bzw. Kieselflußwasserstoffsäure von anderen Mineralstoffen mittels Wasserdampf-Perchlorsäure-Destillation bei 130-140° C vorgeschaltet; die colorimetrischen Bestimmungen erfolgten mit dem Photometer "Eppendorf".

Zur Analyse kam Reinwasser der Acht WW Berlins (West), das am 23.7.1967 in 5-Liter Kunststoffbehältern abgezapft und eingesammelt wurde. In 24 Analysen wurde jede Wasserprobe dreimal untersucht. Die Bestimmungen ergaben einen durchschnittlichen Fluorgehalt von 0,23 mg/l, der sich aus den folgenden Werten der einzelnen WW zusammensetzt:

Beelitzhof	0,24 mg F/l
Grunewald	0,16 mg F/l
Jungfernheide	0,26 mg F/l
Kladow	0,25 mg F/l
Riemeister Fenn	0,23 mg F/l
Spandau	0,22 mg F/l
Tegel	0,29 mg F/l
Tiefwerder	0,19 mg F/l

Auf Grund dieser quantitativen Bestimmungen kann festgestellt werden, daß in Berlin ein fluordefizitäres Wasser

im Sinne der Zahnkariesprophylaxe mit Fluoriden vorliegt.
Die durchschnittliche Fluorkonzentration von 0,23 mg/l Trinkwasser gewährt nach den internationalen Erfahrungen keinen Schutz gegen Zahnkaries.

E. Literaturübersicht

- =====
1. Adler, P. Über die Beziehungen zwischen Zahn-
karies und Fluoriden.
J.A. Barth, Leipzig 1950
 2. Adler, P., Neuere Versuche über den kariesprotek-
Porzsalmy, K. tiven Effekt des im Trinkwasser ent-
 haltenen Molybdäns.
Arch. Oral. Biol. 4, 193 (1961)
 3. Adler, P. Der Einfluß von Spurenelementen auf
 den Kariesbefall.
Dt. Stomat. 15, 2, 96 (1965)
 4. Barth, F. On the geochemical Cycle of Fluorine.
J. Geolog. Chicago 55, 420 (1947)
 5. Berliner WW. Informationsheft der WW Berlin-West
 6. Bersin, T. Biochemie der Mineral- und Spurenele-
 mente.
Akademische Verlagsgesellschaft, Frank-
furt/Main 1963, S. 282-284, 21542 Zähne
 7. Dean, H.T. Endemic Fluorosis and its Relation
 to Dental Caries.
Pub. Health Rep. 53, 1443-1452, 1938
 8. Dean, H.T., Domestic Water and Dental Caries, I.
Jay, Philip, A dentalcaries study, including L.
Arnold F.A. Jr., acidophilus estimations, of a popula-
and Elvove, Elias tion severely affected by mottled
 enamel and which for the past 12 years
 has used a fluoride-free water.
Pub. Health Rep. 56: 365-381, 1941
 9. Dean, H.T., Domestic Water and Dental Caries. II.
Jay, Philip, A study of 2.832 white children aged
Arnold, F.A.Jr., 12-14 years, of eight suburban Chicago
and Elvove, Elias communities, including L. acidophilus
 studies of 1.761 children.
Pub. Health Rep. 56: 761-792, 1941
 10. Dean, H.T. Domestic Water and Dental Caries, V.
 Additional studies of the relation of
 fluoride domestic waters to dental
 caries experience in 4.425 white child-
 ren, aged 12 to 14 years, of 13 cities
 in 4 States.
Pub. Health Rep. 57: 1155-1179, 1942

25. Rygh, O. Norske Tanndlaege foren. Tid (Nov.)
60, 1, 1-19, 1950
26. Seelig, F.R. Die Brotfrage in der zahnärztlichen
Praxis.
Zahnärztl. Mitt. 54, 8, 365-367, 1964
27. Schmidt, H.J. Zahnkariesprophylaxe durch Fluoride.
2, Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg
1967
28. Schuchardt, K. u. Trinkwasserfluoridierung als karies-
Ahrens, G. prophylaktische Maßnahme.
Auf Anforderung der Zahnärztekammer
Hamburg erstellte gutachtliche Stellung-
nahme, Hamburg im Nov. 1967
29. Tammoscheit, U.G. Kariesprophylaxe und Fluor.
DZK 26, 106-114 (1967), Carl Hauser
Verlag München
30. Wasserstein, B. Ref. in Biochemie u. Physiologie des
Fluors und der industriellen Rauch-
schäden.
31. Wespi, H. Fluoriertes Kochsalz zur Cariesprophy-
laxe. Schweiz.med.Wschr. 80, 22,
561-564 (1950)
32. Winniker, M. Experimentelle Untersuchungen zur Beein-
flussung der Säurelöslichkeit von Zahn-
hartsubstanzen.
Dt. Stomat., 15, 2, 102 (1965)
33. Ziegler, E. Grundlagen der Milchfluoridierung in
Winterthur.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 69, 2,
111-115, 1959
34. Zahnärztl. Mitt. 56, 7, 336, 1966
35. Zahnärztl. Mitt. 57, 11, 565, 1967
36. Zahnärztl. Mitt. 56, 15, 692, 1966
37. Zahnärztl. Mitt. 56, 21, 1008, 1966 und
56, 23, 1114, 1966
38. Zahnärztl. Mitt. 57, 9, 441, 1967

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. K. E i c h -
n e r für die freundliche Übergabe des Themas und die ge-
währte Unterstützung danken.

Ebenfalls möchte ich Herrn Professor Dr.-Ing. H ü n e r -
b e r g , Direktor der Berliner Wasserwerke und der Berliner
Entwässerungswerke danken für die Möglichkeit, die Arbeit im
Laboratorium der Berliner Wasserwerke durchführen zu dürfen.
Dem Leiter des Laboratoriums, Herrn Dr. rer. nat. W. M e -
v i u s danke ich für die tatkräftige Unterstützung, die er
mir für den erfolgreichen Abschluß der Arbeit gewährte.

Lebenslauf

Ich, Norbert Nolle, bin als Sohn des Zahnarztes Walter Nolle und dessen Ehefrau Ursula Nolle am 30. Dezember 1939 in Frankfurt/Oder geboren worden.

Meine Einschulung erfolgte im Herbst 1946 in Berlin. Nach Abschluß der sechsten Klasse besuchte ich die Carl-Friedrich-von-Siemens-Schule, 4. Oberschule des wissenschaftlichen Zweiges zu Berlin-Spandau. Nach Abschluß der Reifeprüfung verließ ich im Frühjahr 1960 die Schule und wurde am 2. Mai 1960 an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Ich studierte Zahnmedizin und legte im Oktober 1962 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Nach erfolgreich bestandenem Staatsexamen wurde mir am 30. August 1965 die Bestallung als Zahnarzt erteilt. Seitdem übe ich als Assistenzzahnarzt in einer zahnärztlichen Praxis meinen Beruf aus.

